



TITLE:

二種類の細胞が敷つまった多角形  
パターン(研究会「形と空間」,形態  
形成の科学的研究(II),科研費研究会  
報告)

AUTHOR(S):

本多, 久夫

---

CITATION:

本多, 久夫. 二種類の細胞が敷つまった多角形パターン(研究会「形と空間」,形態形成の科学的研究(II),科研費研究会報告). 物性研究 1988, 51(1): A85-A88

ISSUE DATE:

1988-10-20

URL:

<http://hdl.handle.net/2433/93476>

RIGHT:

## 二種類の細胞が敷つまった多角形パターン

本多久夫（鐘紡ガン研究所）

細胞が敷詰まってできた多角形パターンがある。この細胞をできるだけ多く分化させたい。分化した細胞同士が直接に隣合うことはないという規制があるとき、どんなパターンができるだろうか？

生物の組織形成は、同じ種類の細胞同士が寄り集まってそれぞれの組織を形成すると一般には考えられている。しかし、詳しく見てみると一つの組織に二種類の細胞がいきまじって奇妙なモザイク模様を呈するものがある。ここでは脊椎動物（鳥類と両生類）および無脊椎動物（昆虫）のシート状組織からの3つの例を述べ、これらに共通する点について考える。

トリ輸卵管上皮組織では山中八郎氏（鐘紡ガン研）によると、はじめ均一であった細胞に繊毛の生えた細胞（分化細胞とよぶことにする。図1の点々で示

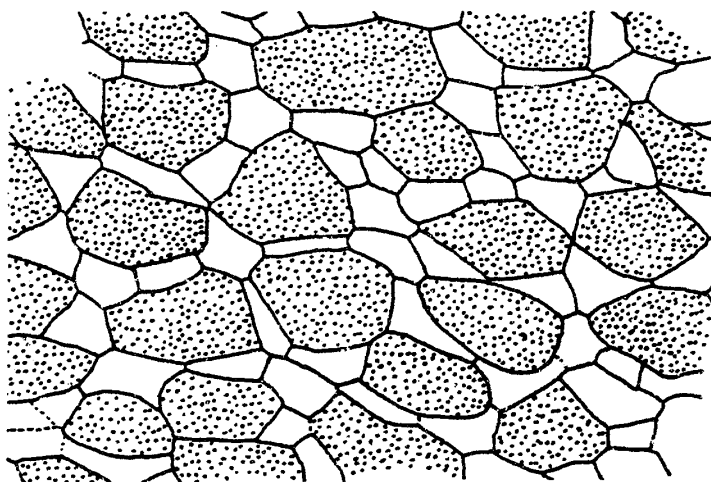


図1

した細胞）がみられるようになる。分化した細胞が直接隣合うことはほとんどない。分化細胞を未分化細胞が取り囲んだパターンになっている。（このあと、繊毛細胞は一回分裂し、上皮組織は市松模様（チェッカーボード）に似たパターンに移行する。この過程を細胞間の接着力の差で説明を試みたことがある。そこでは異種細胞同士

の接着が同種細胞同士よりも強いと仮定した[1].)

繊毛の生えた細胞が散在する例はサンショウウオ胚の表皮でも報告されている[2]. やはり輸卵管上皮と同じように、繊毛細胞を別の細胞が取り囲んでいる。

これらのパターン形成は次の問題と似ている：六角形格子があってこの六角形を色で塗り分ける。色で塗られた六角形同士は決して隣合うことはなく、しかも可能なものはすべて塗るという条件がかせられているとどんなパターンがえられるか？ 周期的なパターンを考えたとき、答の一部を図2にしめす。色

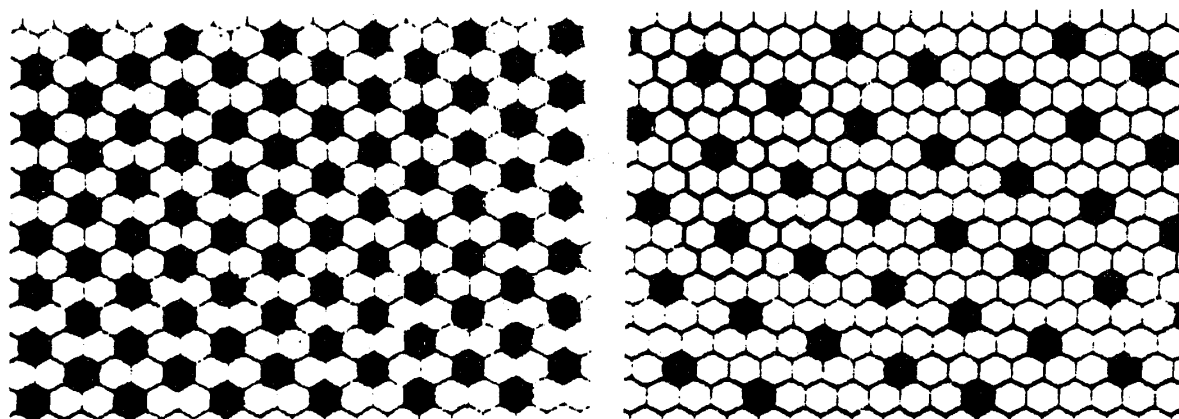


図2 (a)

(b)

で塗られた六角形とそうでない六角形との数比の最大は1:2 (図2 a)で、最小は1:6 (図2 b)である。ランダムに塗っていくと両者の間の値になり、次の種村正美氏(統数研)の発表にあるようにおよそ1:3.3になる。

現実では輸卵管上皮で1:2.1, サンショウウオ胚表皮で1:3であり、図2 aにちかい。これらの組織は分化細胞数を最大にする方策を知っているように見えるが、この機構についてはわからない。(ここでは六角形格子を固定して考えているが、実際は細胞の並び替わりや分裂があり、これらが分化細胞の直接の隣合いを局所的に排除しているとおもわれる。)

もうひとつの二種類の細胞のまじった組織の例はチョウの翅上皮組織の鱗粉細胞である。翅が形成される過程では、吉田昭広氏(上智大)によると、微絨毛のしきつまった均一な多角形細胞の集まりであったものが微絨毛の少ない細胞(分化細胞)が点々とあらわれてきてついには列にならぶ。(この列が翅の鱗粉列の起源であり、チョウの翅の鱗粉は体長に平行にいくすじものの列を形成

することになる。)

翅上皮組織の列形成過程でも、輸卵管と同じように、分化した細胞同士が直接隣合うことはなく、いつも分化細胞は他の細胞に取り囲まれている。この列形成の機構はいまのところまったくわからない。しかし分化細胞が直接に隣合うことなく他の細胞に取り囲まれるとすると細胞数比はどのくらいになるはずであるかは算出できる：1次元の細胞列があってこの細胞が分化する。分化細胞が互いに直接には接しない条件で、ランダムにひとつずつ分化させると細胞数比は1:1.3になる。(これは電算機シミュレーションにより求めたが、次の種村氏の発表のようにすでに計算解があった。) つぎに列を隣合わせに並べるのであるが、このときに分化細胞が隣合わないために仕切りとなる細胞が必要である。この細胞数は図3のような細胞の大きさを仮定すると分化細胞1に

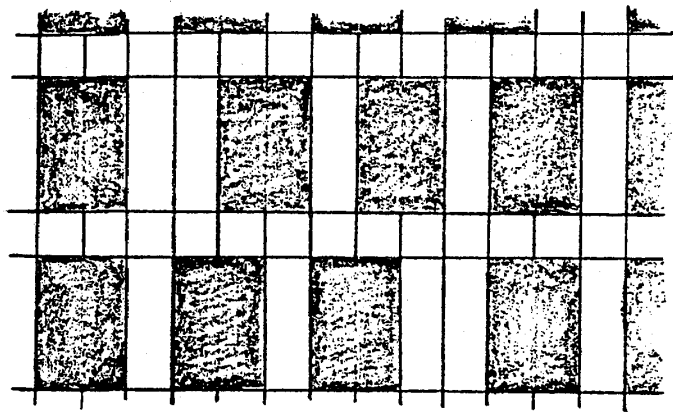


図3

対して3.3 ( $=1 \times 2 + 1.3$ ) となる。すなわち、分化細胞と列内の仕切り細胞、列間の仕切り細胞の数比は1:1.3:3.3である。この値はチョウ翅での実測値1:1.3:3.4と非常に近い。

まだ不明の点が多々あるが、組織形成にあたり生物は以下のような手法を採用していることがあるといまのところ考えている：多数の同一の構成要素の集まりを用意する。構成要素のおのおのは幾つか(たとえば2つ)の状態のうちの1つをとる。どの状態をとるかは構成要素間の局所的な関係で定まる。

[1] Honda, Yamanaka, Eguchi (1986) J. Embryol. Exp. Morph. 98:1-19.

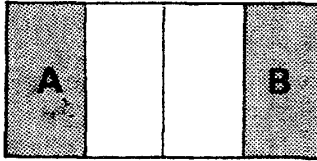
[2] Landstrom (1977) J. Embryol. Exp. Morph. 41:23-32.

## 討論 (DISCUSSION)

### 二種類の細胞が敷きつまった多角形パターン

本多 久夫 (鐘紡・ガン研)

- Q. 2 個の細胞 (図 A, B) の間に別の種類の細胞 2 個があるとき、A, B が同時にそのとなりだけをみて左右へひろがるとすると同種のものがくっついてしまう。このようなことが生じないためには、分裂メカニズムのモデルはどの様に考えればよいか。



鳥脇 純一郎 (名古屋大・工)

- A. 元の私の人為的モデルでは分裂や左右へのひろがりはおいておきませんのでご質問の様な事は起こりません。しかし、ご質問が「隣りあった未分化の細胞 A、B があってこれらが同時に分化の判定を行ったらどうなるか」の意味を解釈しますと現実にはどうなっているかたしかに疑問です。A は B が分化していないから分化しようとする。B もその時点ではまだ隣の A が分化を表していないから分化しようとするはずで、電算機では 1 つずつ処理しますのでこの問題はおこりません。現実にはわずかな差を鋭敏に検出するのか、そのまま 2 つとも分化してしまったあと近接の細胞と並び替えがおこるのか・・・わかりません。

- Q. 生物学的用語は失念しましたので、黒細胞、白細胞と呼ばせて頂きます。構成比の平均値に興味があることはわかります。黒白の多少についての個体差は、機能的にはどう反映しますか？組織化を微視的に支配している局所原理と、膜の機能という巨視面との関わりについての質問です。

(当日は、時間の都合で発言しませんでした)

小川 泰 (筑波大・物理工)

- A. トリの輸卵管の場合、2 種の細胞は表面に繊毛の生えた細胞と内部に分泌顆粒をもった細胞です。前者の繊毛運動と後者の分泌する粘液とが、卵が管内を通過する時にスムーズに動くのを助けていると想像しています。このような機能を考えますと 2 種の細胞の数の比よりも、2 種類がいりまじって均一になる程度の方に興味を持たれます。

今回の発表で細胞数比は 2 細胞の規則的な分布を反映しているパラメータとして使いました。これが適切なパラメータかどうかはいつも元のパターンにもどって注意しないといけません。

2 種細胞の分布とシート状組織の機能 (卵を滑らかに通す) の関係についてはあまり鋭敏でないように思います。2 種類が適当にちらばっていればどんなパターンでもこの機能は果たされるように思われます。あそびで多様なパターンをつくっているのか、まだ我々がその機能にきがついていないのか、どちらかわかりません。

(小川先生のおっしゃる「膜」は、「シート状組織」と解釈しました。「膜」といいますとつい細胞膜を考えてしまいます。)